



物理实验的美丽

——以卢瑟福原子结构实验为例

朱 锦 郑渊方

(福建师范大学物理与能源学院 福建 福州 350117)

(收稿日期:2021-06-17)

摘 要:通过分析卢瑟福原子结构实验来展现物理实验的美,分别从原子结构的发展历程、实验设计、数据统计、物理规律、学者精神和实验延伸6个方面,充分展示了物理实验的艺术性和科学性,培养学生的审美能力,提高学生的审美素养,帮助学生树立正确的人生观和世界观。

关键词:物理实验美 卢瑟福 α 粒子实验

我国的教育长期以来存在着忽视美育的现象,物理实验教学中普遍缺乏审美教育.美育的根本任务是,提高学生的审美能力,培养学生的审美情趣,培养学生创造美的能力,引导学生逐步形成科学的审美观.廖伯琴教授在《物理教育学》一书中提到:“实验是物理学的重要特性,也是物理学文化的显著特征,物理学的育人功能更多地通过实验教学过程来体现”^[1].

近年来关于物理学中表现的和谐奇异美、多样统一美及简单有序美有诸多讨论,但关于物理实验中的美育并不多.在《美和理论物理》一文中,杨振宁教授把物理之美概括为“物理现象之美”“理论结构之美”“理论描述之美”,原子结构的发展是物理学中重要组成部分,它打开了微观世界的大门,开创了原子物理和原子核物理学的新领域^[2,3].但是由于原子结构在高中物理教材中描述较为简略和浅显,

这可能导致学生对于原子结构的发展和原子结构实验的了解只是浅尝辄止.本文在实际教学需求的基础上结合杨振宁教授对物理美的认识,从原子结构研究历程、实验设计、数据统计、物理规律、学者精神和实验延伸6个方面发掘美,从不同深度分析,引导学生掌握知识的同时,逐步形成科学的审美观.

1 研究历程的劳动美

科学规律的认识与发展历程就是一个劳动过程,劳动美的本质就在于不断发现、不断创造,凝聚着科学家辛勤的汗水,凝结着劳动者智慧结晶^[4].以时间为主线梳理科学家们不断完善原子结构模型的历史轨迹,如表1所示^[5].一百多年来,随着思维能力的不断提高,科学家对原子结构的认识层次也在逐渐深入,学生在掌握原子结构学说的同时,更有助于启迪学生心智成长和培养学生吃苦耐劳的能力.

表1 原子结构模型演变

模型	时间	提出者	实验	原理	意义
实心球模型	1803年	道尔顿	化学实验	原子是组成化学元素的、非常微小的、不可在分割的实心球体	第一次将原子从哲学带入科学研究中
葡萄干布丁模型	1897年	汤姆孙	阴极射线实验	电子浸浮于均匀正电球	发现电子的存在,是第一个存在着亚原子结构的原子模型
土星模型	1904年	长冈半太郎	根据麦克斯韦的土星环理论推测类比	电子是集中分布在原子核外围的一个固定轨道上	卢瑟福提出的“原子行星模型”的先导

作者简介:朱锦(1999-),女,在读硕士研究生,研究方向为中学物理教育教学。

通讯作者:郑渊方(1973-),女,硕士,讲师,主要从事物理学科教学。

续表 1

模型	时间	提出者	实验	原理	意义
原子行星模型	1911年	卢瑟福	α 粒子散射实验	原子的全部正电荷在原子核内,且几乎全部质量均集中在原子核内部,带负电的电子在进行绕核运动	开创了原子核物理学这一新领域
氢原子模型	1913年	尼·玻尔	金属中的电子运动观察	电子在固定的层面上运动,当电子从一个层面跃迁到另一个层面时,原子便吸收或释放能量	证明了原子的稳定性和氢原子光谱线规律
电子云模型	1926年	薛定谔	德布罗意系式的基础上	电子绕核运动形成一个带负电荷的云团	用统计的方法判断电子出现的几率大小

2 实验设计的精巧美

物理实验运用简单而精密的实验仪器,就可以展现出美丽的实验现象和探究本质的、科学的物理概念,这并不是轻而易举的事情,需要科学家对物理实验认真专研和精心设计。 α 粒子散射实验装置如图1所示。

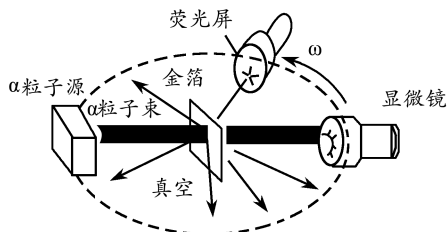


图1 α 粒子散射实验装置图

实验共有放射源、金箔、荧光屏和显微镜4个仪器,装置十分简单,但每个仪器都缺一不可,从材料到仪器的选择都需要卢瑟福团队多次尝试和深思熟虑。左侧铅盒内装有少量的放射性元素钋构成放射源,从铅盒的小孔射出一束很细的 α 射线到金箔上, α 粒子穿过金箔后,射到荧光屏上会产生一个个的闪光点,这是因为 α 粒子打到涂有硫化锌的荧光屏上时,会产生微弱的闪光,显微镜用于观察光点^[6]。为了避免粒子和空气中的原子碰撞而影响实验结果,整个实验都安排在真空中进行。

使用 α 粒子的原因:(1) α 粒子带正电,穿透能力弱,容易与原子内带正电的原子核相排斥;(2) α 粒子还能与涂有硫化锌荧光屏产生微弱的闪光,通过观察光点,就能判断粒子的运动轨迹。

使用金箔的原因:(1)金箔纯度很高,可以消除杂质原子对实验结果的干扰;(2)纯金延展性好,容易延展成非常薄的金箔,保证绝大多数的粒子穿过金箔后仍是保持原来的方向前进^[7];(3)金的化学性

质稳定,不易与荧光粉发生化学反应;(4)金的原子序数大,所带正电荷就多,对 α 粒子的库仑斥力大, α 粒子与金原子碰撞后的散射角也就增大。显微镜可以围绕金箔在圆周上移动,通过观察闪光便可记下某一时间内在某一方向散射的 α 粒子数。

3 数据统计的逻辑美

通过实验,卢瑟福团队发现 α 粒子穿过金箔后,绝大多数粒子有 $2^\circ \sim 3^\circ$ 的偏转角度,但有 $\frac{1}{8000}$ 的 α 粒子偏转角度大于 90° ,有点甚至有接近 180° 的大偏转。如果按照汤姆孙葡萄干布丁模型推导,最多只有1%的 α 粒子偏转角度超过 30° ,而大角度(90° 或 90° 以上)散射的几率只是十万分之一,这与实验数据相差甚大,所以汤姆孙的模型并不完善。经过长期的持之以恒的计算推导,卢瑟福提出了原子行星模型。其实在卢瑟福提出行星模型之前,还有不少科学家提出过核的概念。佩兰和长冈半太郎等物理学家都提出了带正电的核有电子环围绕转动的原子模型,这些都对卢瑟福提出有核原子模型有重要的启发作用。但卢瑟福与他们的最大区别在于行星模型不再是假说或猜想,而是有 α 粒子散射实验的数据事实作为依据。

4 物理规律的简洁美

人类对于物理现象的认识总是由现象到本质,现象层面的内容是纷繁复杂的,而现象背后的本质规律则揭示了多样性的统一,这就是物理规律的简洁美。原子行星模型构造连接了原子内部结构与宇宙的对称与和谐,体现了大小宇宙的和谐统一。卢瑟福认为原子的全部正电荷在原子核内,且几乎全部质量均集中在原子核内部,带负电的电子在核空间

进行绕核运动.卢瑟福和他的学生从上万个粒子中发现几个甚至一个偏转角度较大的粒子,将实验数据进行大量计算推导,工作量繁重,实验数据繁多,最终归纳为精炼简洁的物理规律.

5 学者探究的精神美

比起物理知识,物理学家的人格魅力和献身科学的精神之美虽然润物细无声,但更具震撼人心的教育效果,利于培养学生真善美.卢瑟福勇于求新,打破常规,有很强的直觉敏锐性、先验能力和引导学生能力,他敢于突破束缚,进行开创性工作^[8].卢瑟福很早就有用粒子探索原子结构的想法,因为他发现 α 粒子穿过云母会发生偏转,所以,对 α 粒子的特点进行分析,引导学生进行实验并观察现象,整个实验的原理和构思都是卢瑟福提出的.卢瑟福敏锐地认识到大角度散射对于了解原子周围或原子内部的电场强度的重要性.当然科研团队之间的配合和实验人员的科学素养也是至关重要的,盖革和马斯登在实验上的细致、敏锐、务实和创造能力,也是实验得以成功的重要因素.

6 物理实验的延伸美

卢瑟福的 α 粒子散射实验是近代科学发展史上具有重要地位的物理实验之一,他的实验方法和相关理论为正确研究原子结构开辟出一条新的途径.不仅为建立原子的核式结构模型奠定了实验基础,大胆肯定了高密度原子核的存在,而且还开创了一种重要的研究微观世界的科学方法——用高速粒子“轰击”,直至现在,量子力学和相对论的研究都离不

开这一方法,依赖于粒子加速器的高能物理学依然是较为尖端的学科. α 粒子散射实验在科学发展史上具有里程碑式的意义,它打开了微观世界的大门,开创了原子物理和原子核物理学的新领域.

物理实验中的美处处可见,例如发现历程的坚持不懈,实验设计的构思,数据统计的处理方法,物理规律的简洁统一,学者探究的科学精神,物理实验的延伸应用都能使学生在美的熏陶中提高自身的美学修养^[9].引用物理实验的美,使物理美感与知识传授产生共振效应,一方面加深对知识的理解和掌握,提高学生对物理实验的兴趣,另一方面启发学生的科学探究和创造性学习.

参考文献

- 1 廖伯琴. 物理教育学[M]. 北京:高等教育出版社, 2012.12
- 2 杨振宁. 美与物理学[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2003
- 3 杨振宁, 子叶. 美和理论物理学[J]. 哲学动态, 1988(5):47
- 4 吴中光. 物理之美与美的物理教学[J]. 现代物理知识, 1995(1):42~46
- 5 舒玉波. 以发展为主线讲述原子结构理论[J]. 化工时刊, 2020,34(2):53~54
- 6 张国前. 从 α 粒子散射实验看卢瑟福的治学精神[J]. 黄冈师范学院学报, 2008(6):54~57
- 7 张光成. 为何选金箔做靶揭开原子内幕[J]. 中学物理教学参考, 2005(06):7
- 8 郭奕玲, 沈慧君. 物理学史[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.8
- 9 韦世良, 陆朝华. 物理学之美及其在教学中的渗透[J]. 柳州师专学报, 2011,26(4):86~89

The Beauty of Physical Experiment

——Taking Rutherford's Atomic Structure Experiment as an Example

Zhu Jin Zheng Yuanfang

(College of Physics and Energy, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350117)

Abstract: By analyzing Rutherford's atomic structure experiment, this paper shows the beauty of physics experiment, and fully demonstrates the artistry and scientificity of physics experiment from six aspects: atomic structure development, experimental design, data statistics, physical laws, scholar spirit and experimental extension, so as to cultivate students' aesthetic ability, improve students' aesthetic quality and help students establish a correct outlook on life and world.

Key words: beauty of physics experiment; Rutherford; particle experiment